

BAB II

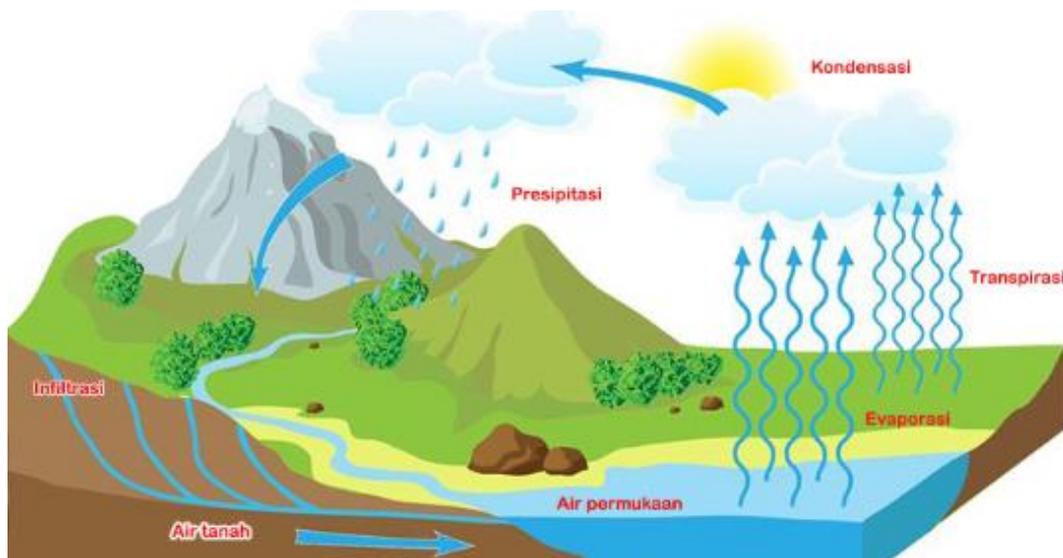
STUDI LITERATUR

2.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam, meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi. (Soemarto, 1986)

Dalam bukunya (Soemarto, 1986, hal. 17-18) Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Terbagi menjadi dua jenis siklus, yakni siklus/daur pendek, serta siklus panjang.

Daur pendek yaitu hujan yang jatuh dari langit langsung ke permukaan laut, danau, dan atau sungai yang kemudian langsung mengalir kembali ke laut. Siklus kedua yaitu siklus panjang, dengan ditandai ketidakseragaman waktu yang dibutuhkan oleh suatu siklus. Memiliki proses yang lebih panjang dibanding siklus pendek, tahapan siklus panjang adalah sebagai berikut: evaporasi air laut mengalami kondensasi pada lapisan atmosfer tertentu, kemudian terbentuk awan, awan yang telah jenuh oleh air dapat berpindah karena tiupan angin yang membawanya menuju daerah pegunungan, semakin jenuh awan oleh air maka air yang dibawa oleh awan akan dijatuhkan menuju ke permukaan. Berbagai bagian daur dapat menjadi sangat kompleks, sehingga kita hanya dapat mengamati bagian akhirnya saja dari suatu hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan kemudian mencari jalannya untuk kembali ke laut. (Soemarto, 1986)



Gambar II.1 Siklus Hidrologi

(sumber: <https://ilmudasar.id/pengertian-jenis-dan-proses-siklus-air/>)

Dalam bukunya (Soemarto, 1986) menjelaskan siklus hidrologi yang merupakan perjalanan air, terjadi beberapa proses yaitu:

1. Evaporasi, adalah proses penguapan air laut oleh karena panas terik matahari.
2. Transpirasi, adalah proses pengupuan yang terjadi oleh karena pernapasan (respirasi) tumbuhan hijau.
3. Evapotranspirasi, adalah gabungan dari proses evaporasi dan transpirasi. Misal, curahan yang jatuh di dahan-dahan pohon kemudian menguap bersama dengan penguapan transpirasi.
4. Kondensasi, adalah proses perubahan wujud uap air hasil evaporasi, menjadi kembali ke bentuk yang lebih padat yaitu butiran-butiran air mikro yang membentuk awan. Proses kondensasi ini dipengaruhi oleh suhu udara, awan dapat terbentuk pada saat suhu udara dingin.
5. *Moving*, pergerakan awan yang disebabkan oleh angin. Dipengaruhi oleh jenis angin, angin pantai, darat, gunung, atau lembah.

6. Presipitasi, butiran-butiran air mikro dalam awan menjadi dinamis ketika ditekan oleh angin, sehingga menyebabkan bertabrakan. Tabrakan antar butir ini menyebabkan terjadinya curahan. Jenis curahan dipengaruhi oleh temperatur pada iklim suatu daerah, dapat berwujud air ataupun salju, atau dimungkinkan terjadi hujan es apabila suhu memungkinkan.
7. *Surface run-off*, adalah limpasan permukaan. Air dari proses curahan langsung melimpas pada permukaan tanah.
8. Infiltrasi, adalah proses meresapnya air ke dalam tanah.
9. Perkolasi, adalah proses kelanjutan dari infiltrasi dengan gerakan air yang tegak lurus, bergerak terus kebawah tanah hingga mencapai zona jenuh air (*saturated zone*).
10. Tampungan (retensi) adalah air hujan yang tertahan di daratan baik pada sebuah cekungan maupun air tanah.
11. Intersepsi adalah proses jatuhnya air yang tertahan tumbuhan sebelum menyentuh permukaan bumi.

2.2 Air

Air merupakan salah satu fluida dalam bentuk cairan. Sebagai suatu fluida air digolongkan sebagai fluida cair yang tidak mampu mampat (*incompressible*). Salah satu sifat air sebagai fluida adalah tidak mampu menahan tegangan geser sehingga apabila ada gaya yang bekerja pada air maka air tersebut akan bergerak. (Pratiwi, 2014)

Air dimanfaatkan dalam bidang lain seperti pertanian, peternakan, konstruksi, bahkan olah raga sekali pun serta hal-hal lain yang memanfaatkan air dalam pelaksanaannya. Terutama dalam bidang pertanian, air sangat dibutuhkan untuk melakukan produksi. Yaitu melalui pengairan, air dimanfaatkan secara maksimal

dalam menghasilkan berbagai jenis hasil panen, seperti padi maupun palawija. Berjalan bersamaan dengan pertumbuhan penduduk di area sekitar persawahan, maka kebutuhan akan air semakin membesar, karena selain untuk kebutuhan akan pengairan lahan, air diperlukan untuk kebutuhan hidup masyarakat.

2.3 Sawah

Sawah adalah tanah yang digarap dan diairi untuk tempat menanam padi. Untuk keperluan ini, sawah harus mampu menyangga genangan air karena padi memerlukan penggenangan pada periode tertentu dalam pertumbuhannya. Untuk mengairi sawah digunakan sistem irigasi dari mata air, sungai atau air hujan.

(<https://id.wikipedia.org/wiki/Sawah>)

Dalam pedomannya (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa; 2013, Kriteria Perencanaan – Perencanaan Jaringan Irigasi, hal. 14) dijelaskan bahwa petak persawahan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu petak tersier, petak sekunder, serta petak primer.

2.3.1 Petak Tersier

Perencanaan dasar yang berkenaan dengan unit tanah adalah petak tersier. Petak ini menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (*off take*) tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier.

Di petak tersier pembagian air, operasi dan pemeliharaan menjadi tanggung jawab para petani yang bersangkutan, dibawah bimbingan pemerintah. Ini juga menentukan ukuran petak tersier. Petak yang terlalu besar akan mengakibatkan pembagian air menjadi tidak efisien. Faktor-faktor penting lainnya adalah jumlah petani dalam satu petak, jenis tanaman dan topografi. Di daerah-daerah yang ditanami padi luas petak tersier idealnya maksimum 50 ha, tapi dalam keadaan tertentu dapat ditolelir sampai seluas 75 ha, disesuaikan dengan kondisi topografi dan kemudahan eksploitasi dengan tujuan agar pelaksanaan Operasi dan

Pemeliharaan lebih mudah. Petak tersier harus mempunyai batas-batas yang jelas seperti misalnya parit, jalan, batas desa dan batas perubahan bentuk medan (*terrain fault*).

Petak tersier dibagi menjadi petak-petak kuarter, masing-masing seluas kurang lebih 8-15 ha. Apabila keadaan topografi memungkinkan, bentuk petak tersier sebaiknya bujur sangkar atau segi empat untuk mempermudah pengaturan tata letak dan memungkinkan pembagian air secara efisien.

Petak tersier harus terletak langsung berbatasan dengan saluran sekunder atau saluran primer. Perkecualian: jika petak-petak tersier tidak secara langsung terletak di sepanjang jaringan saluran irigasi utama yang dengan demikian, memerlukan saluran tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya, hal ini harus dihindari.

Panjang saluran tersier sebaiknya kurang dari 1.500 m, tetapi dalam kenyataan kadang-kadang panjang saluran ini mencapai 2.500 m. Panjang saluran kuarter lebih baik dibawah 500 m, tetapi prakteknya kadang-kadang sampai 800 m.

2.3.2 Petak Sekunder

Petak sekunder terdiri dari beberapa petak tersier yang kesemuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder.

Batas-batas petak sekunder pada umumnya berupa tanda-tanda topografi yang jelas, seperti misalnya saluran pembuang. Luas petak sekunder bisa berbeda-beda, tergantung pada situasi daerah.

Saluran sekunder sering terletak di punggung medan mengairi kedua sisi saluran hingga saluran pembuang yang membatasinya. Saluran sekunder boleh juga direncana sebagai saluran garis tinggi yang mengairi lereng-lereng medan yang lebih rendah saja.

2.3.3 Petak Primer

Petak primer terdiri dari beberapa petak sekunder, yang mengambil air langsung dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil airnya langsung dari sumber air, biasanya sungai. Proyek-proyek irigasi tertentu mempunyai dua saluran primer. Ini menghasilkan dua petak primer.

Daerah di sepanjang saluran primer sering tidak dapat dilayani dengan mudah dengan cara menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang garis tinggi, daerah saluran primer yang berdekatan harus dilayani langsung dari saluran primer.

2.4 Jaringan Irigasi

Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian. Dalam pengelolaan irigasi diperlukan jaringan irigasi yang terdiri dari jaringan utama dan jaringan tersier. Jaringan utama merupakan jaringan irigasi yang berada dalam satu sistem irigasi mulai dari bangunan utama, saluran induk/primer, saluran sekunder, dan bangunan sadap serta bangunan pelengkap lainnya. Saluran primer adalah saluran yang membawa air dari bangunan utama ke saluran sekunder dan ke petak – petak tersier yang diairi. Saluran sekunder adalah saluran yang membawa air dari saluran primer ke saluran tersier dan petak – petak tersier yang diairi. Sedangkan jaringan tersier merupakan jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana pelayanan air di dalam petak tersier yang terdiri dari saluran pembawa disebut saluran tersier, saluran pembagi yang disebut saluran kuarter dan saluran pembuang. (Kodoatie R, 2005 : 134).

2.4.1 Saluran Irigasi

2.4.1.1 Jaringan Irigasi Utama

- Saluran primer membawa air dari bendung ke saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang diairi. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir.
- Saluran sekunder membawa air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas ujung saluran ini adalah pada bangunan sadap terakhir.
- Saluran pembawa membawa air irigasi dari sumber air lain (bukan sumber yang memberi air pada bangunan utama) ke jaringan irigasi primer.
- Saluran muka tersier membawa air dari bangunan sadap tersier ke petak tersier yang terletak di seberang petak tersier lainnya. Saluran ini termasuk dalam wewenang Dinas Irigasi dan oleh sebab itu pemeliharaannya menjadi tanggung jawabnya.

2.4.1.2 Jaringan Saluran Irigasi Tersier

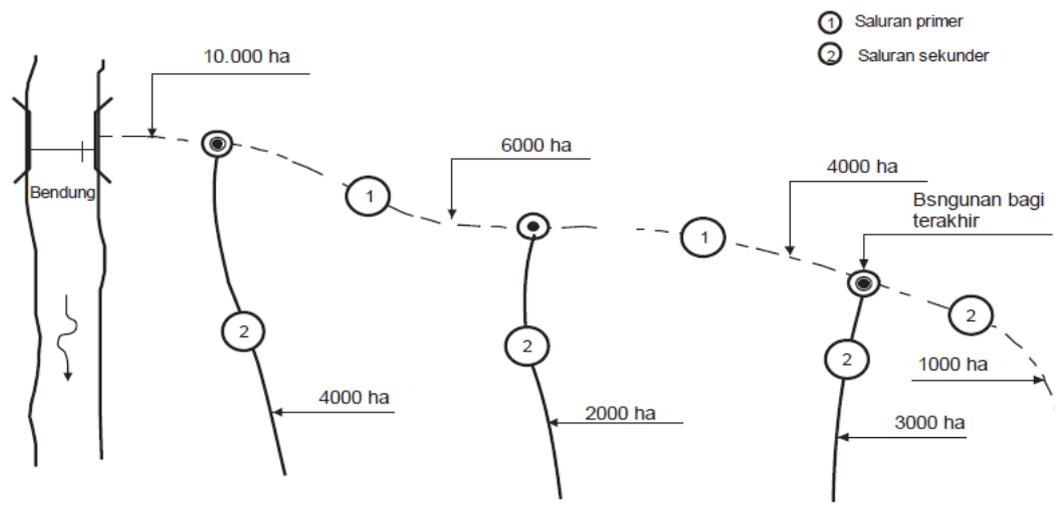
- Saluran tersier membawa air dari bangunan sadap tersier di jaringan utama ke dalam petak tersier lalu ke saluran kuarter. Batas ujung saluran ini adalah boks bagi kuarter yang terakhir.
- Saluran kuarter membawa air dari boks bagi kuarter melalui bangunan sadap tersier atau parit sawah ke sawah-sawah.
- Perlu dilengkapi jalan petani ditingkat jaringan tersier dan kuarter sepanjang itu memang diperlukan oleh petani setempat dan dengan persetujuan petani setempat pula, karena banyak ditemukan di lapangan jalan petani yang rusak

sehingga akses petani dari dan ke sawah menjadi terhambat, terutama untuk petak sawah yang paling ujung.

- Pembangunan sanggar tani sebagai sarana untuk diskusi antar petani sehingga partisipasi petani lebih meningkat, dan pembangunannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi petani setempat serta diharapkan letaknya dapat mewakili wilayah P3A atau GP3A setempat.

2.4.1.3 Garis Sempadan Saluran

Dalam rangka pengamanan saluran dan bangunan maka perlu ditetapkan garis sempadan saluran dan bangunan irigasi yang jauhnya ditentukan dalam peraturan perundangan sempadan saluran.



Gambar II. 2 Saluran-saluran Primer dan Sekunder

(sumber: KP-01 2013 : 19)

2.4.2 Saluran Pembuang

2.4.2.1 Jaringan Saluran Pembuang Tersier

- Saluran pembuang kuarter terletak didalam satu petak tersier, menampung air langsung dari sawah dan membuang air tersebut kedalam saluran pembuang tersier.
- Saluran pembuang tersier terletak di dan antara petak-petak tersier yang termasuk dalam unit irigasi sekunder yang sama dan menampung air, baik dari pembuang kuarter maupun dari sawah-sawah. Air tersebut dibuang ke dalam jaringan pembuang sekunder.

2.4.2.2 Jaringan Saluran Pembuang Utama

- Saluran pembuang sekunder menampung air dari jaringan pembuang tersier dan membuang air tersebut ke pembuang primer atau langsung ke jaringan pembuang alamiah dan ke luar daerah irigasi.
- Saluran pembuang primer mengalirkan air lebih dari saluran pembuang sekunder ke luar daerah irigasi. Pembuang primer sering berupa saluran pembuang alamiah yang mengalirkan kelebihan air tersebut ke sungai, anak sungai atau ke laut.

2.4.3 Bangunan Bagi dan Sadap

Dalam pedoman (KP-01 2013 : 21) menjelaskan bahwa bangunan bagi dan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat pengukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan pada waktu tertentu. Namun dalam keadaan tertentu sering dijumpai kesulitan-kesulitan dalam operasi dan pemeliharaan sehingga muncul usulan sistem proporsional. Yaitu bangunan bagi dan sadap tanpa pintu dan alat ukur tetapi dengan syarat-syarat sebagai berikut :

- Elevasi ambang ke semua arah harus sama.
- Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama.
- Lebar bukaan proporsional dengan luas sawah yang diairi.

Tetapi disadari bahwa sistem proporsional tidak bisa diterapkan dalam irigasi yang melayani lebih dari satu jenis tanaman dari penerapan sistem golongan. Untuk itu kriteria ini menetapkan agar diterapkan tetap memakai pintu dan alat ukur debit dengan memenuhi tiga syarat proporsional.

- Bangunan bagi terletak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih.
- Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier penerima.
- Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan.
- Boks-boks bagi di saluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier dan atau kuarter).

2.4.4 Bangunan-Bangunan Pengukur dan Pengatur

Dalam pedoman (KP-04 2010 : 25) dijelaskan agar pengelolaan air irigasi menjadi efektif, maka debit harus diukur (dan diatur) pada hulu saluran primer, pada cabang saluran dan pada bangunan sadap tersier. Berbagai macam bangunan dan peralatan telah dikembangkan untuk maksud ini. Namun demikian, untuk menyederhanakan pengelolaan jaringan irigasi hanya beberapa jenis bangunan saja yang boleh digunakan di daerah irigasi. Rekomendasi penggunaan bangunan tertentu didasarkan pada faktor penting antara lain :

- Kecocokan bangunan untuk keperluan pengukuran debit
- Ketelitian pengukuran di lapangan
- Bangunan yang kokoh, sederhana dan ekonomis

- Rumus debit sederhana dan teliti
- Operasi dan pembacaan papan duga mudah
- Pemeliharaan sederhana dan murah
- Cocok dengan kondisi setempat dan dapat diterima oleh para petani.

Bangunan ukur dibedakan menjadi bangunan ukur aliran atas bebas (*free overflow*) dan bangunan ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari bangunan pengukur dapat difungsikan juga untuk mengatur aliran air, ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel II.1 Alat-alat Ukur

Tipe	Mengukur Dengan	Mengatur
Bangunan ukur ambang lebar	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Parshall</i>	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Cipoletti</i>	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Romijn</i>	Aliran Atas	Ya
Bangunan ukur <i>Crump-de Gruyter</i>	Aliran Bawah	Ya
Bangunan sadap pipa sederhana	Aliran Bawah	Ya
<i>Constant-Head Orifice (CHO)</i>	Aliran Bawah	Ya
<i>Cut Throat Flume</i>	Aliran Atas	Ya

(sumber: KP-01 2013 : Jaringan Irigasi 21)

2.4.5 Bangunan Pengatur Muka Air

Bangunan pengatur muka air berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan muka air di jaringan irigasi utama sampai batas-batas yang diperlukan sehingga dapat memberikan debit yang konstan terhadap bangunan sadap tersier.

Bangunan pengatur mempunyai potongan pengontrol aliran yang dapat diatur atau tetap. Untuk bangunan pengatur yang dapat diatur dianjurkan untuk menggunakan pintu (sorong) radial atau lainnya.

Bangunan pengatur diperlukan di tempat yang tinggi muka air di saluran dipengaruhi oleh bangunan terjun atau got miring (*chute*). Untuk mencegah meninggi atau menurunnya muka air di saluran dipakai mercu tetap atau celah kontrol trapesium (*trapezoidal notch*).

2.4.6 Bangunan Pembawa

Bangunan-bangunan pembawa membawa air dari ruas di hulu ke ruas di hilir saluran. Aliran yang melalui bangunan dapat berupa aliran superkritis atau subkritis.

2.4.6.1 Bangunan Pembawa Dengan Aliran Superkritis

Bangunan pembawa dengan lokasi aliran yang memiliki lereng medan maksimum saluran. Bangunan pembawa ini diperlukan di tempat yang memiliki kemiringan lebih curam daripada kemiringan maksimal saluran. Aliran superkritis dapat merusak saluran karena memiliki tingkat kecuraman yang tinggi, sehingga diperlukan bangunan peredam untuk meminimalisir kerusakan pada saluran.

- **Bangunan Terjun**

Dengan bangunan terjun, menurunnya muka air (dan tinggi energi) dipusatkan di satu tempat bangunan terjun bisa memiliki terjun tegak atau terjun miring. Jika perbedaan tinggi energi mencapai beberapa meter, maka konstruksi got miring perlu dipertimbangkan.

- Got Miring

Daerah got miring dibuat apabila trase saluran melewati ruas medan dengan kemiringan yang tajam dengan jumlah perbedaan tinggi energi yang besar. Got miring berupa potongan saluran yang diberi pasangan (lining) dengan aliran superkritis, dan umumnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

2.4.6.2 Bangunan Pembawa Dengan Aliran Subkritis (Bangunan Silang)

- Gorong-Gorong

Gorong-gorong dipasang di tempat-tempat dimana saluran lewat dibawah bangunan (jalan, rel kereta api) atau apabila pembuang lewat dibawah saluran. Aliran didalam gorong-gorong umumnya aliran bebas.

- Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat diatas saluran lainnya, saluran pembuang alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran didalam talang adalah aliran bebas.

- Sipon

Sipon dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi dibawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Sipon juga dipakai untuk melewati air dibawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Sipon merupakan saluran tertutup yang direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekan.

- Jembatan Sipon

Jembatan sipon adalah saluran tertutup yang bekerja atas dasar tinggi tekan dan dipakai untuk mengurangi ketinggian bangunan pendukung diatas lembah yang dalam.

- Flum (*Flume*)

Ada beberapa tipe flum yang dipakai untuk mengalirkan air irigasi melalui situasi-situasi medan tertentu. Flum tumpu (*bench flume*), untuk mengalirkan air disepanjang lereng bukit yang curam. Flum elevasi (*elevated flume*), untuk menyeberangkan air irigasi lewat diatas saluran pembuang atau jalan air lainnya. Flum, dipakai apabila batas pembebasan tanah (*right of way*) terbatas atau jika bahan tanah tidak cocok untuk membuat potongan melintang saluran trapesium biasa. Flum mempunyai potongan melintang berbentuk segi empat atau setengah bulat. Aliran dalam flum adalah aliran bebas.

- Saluran Tertutup

Saluran tertutup dibuat apabila trase saluran terbuka melewati suatu daerah dimana potongan melintang harus dibuat pada galian yang dalam dengan lereng-lereng tinggi yang tidak stabil. Saluran tertutup juga dibangun di daerah-daerah permukiman dan di daerah-daerah pinggiran sungai yang terkena luapan banjir. Bentuk potongan melintang saluran tertutup atau saluran gali dan timbun adalah segi empat atau bulat. Biasanya aliran didalam saluran tertutup adalah aliran bebas.

- Terowongan

Terowongan dibangun apabila keadaan ekonomi/anggaran memungkinkan untuk saluran tertutup guna mengalirkan air melewati bukit-bukit dan medan yang tinggi. Biasanya aliran didalam terowongan adalah aliran bebas.

2.4.7 Bangunan Pelindung

Diperlukan untuk melindungi saluran dari dalam maupun dari luar. Perlindungan dari luar bangunan itu melindungi saluran dari limpasan air buangan yang berlebihan dan dari dalam terhadap aliran saluran yang berlebihan akibat kesalahan eksploitasi atau akibat masuknya air dari luar saluran.

2.4.7.1 Bangunan Pembuang Silang

Gorong-gorong adalah bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan sebagai lindungan-luar, lihat juga pasal mengenai bangunan pembawa. Sipon dipakai jika saluran irigasi kecil melintas saluran pembuang yang besar. Dalam hal ini, biasanya lebih aman dan ekonomis untuk membawa air irigasi dengan sipon lewat dibawah saluran pembuang tersebut. *Overchute* akan direncana jika elevasi dasar saluran pembuang disebelah hulu saluran irigasi lebih besar daripada permukaan air normal di saluran. (KP-01 2013 : 25)

2.4.7.2 Pelimpah (*Spillway*)

Ada tiga tipe lindungan dalam yang umum dipakai, yaitu saluran pelimpah, sipon pelimpah dan pintu pelimpah otomatis. Pengatur pelimpah diperlukan tepat di hulu bangunan bagi, di ujung hilir saluran primer atau sekunder dan di tempat-tempat lain yang dianggap perlu demi keamanan jaringan. Bangunan pelimpah bekerja otomatis dengan naiknya muka air.

2.4.7.3 Bangunan Penggelontor Sedimen (*Sediment Excluder*)

Bangunan ini bertujuan untuk mengeluarkan endapan sedimen sepanjang saluran primer dan sekunder pada lokasi persilangan dengan sungai. Pada ruas saluran ini sedimen diijinkan mengendap dan dikuras melewati pintu secara berkala.

2.4.7.4 Bangunan Penguras (*Wasteway*)

Bangunan ini dioperasikan secara manual dan bertujuan untuk mengosongkan seluruh ruas saluran bila diperlukan. Untuk mengurangi tingginya biaya, bangunan ini dapat digabung dengan bangunan pelimpah.

2.4.7.5 Saluran Pembuang Samping

Aliran buangan biasanya ditampung di saluran pembuang terbuka yang mengalir paralel di sebelah atas saluran irigasi. Saluran-saluran ini membawa air ke bangunan pembuang silang atau jika debit relatif kecil dibanding aliran air irigasi ke dalam saluran irigasi itu melalui lubang pembuang.

2.4.7.6 Saluran Gendong

Saluran gendong adalah saluran drainase yang sejajar dengan saluran irigasi, berfungsi mencegah aliran permukaan (*run off*) dari luar areal irigasi yang masuk ke dalam saluran irigasi. Air yang masuk saluran gendong dialirkan keluar ke saluran alam atau drainase yang terdekat.

2.4.8 Jalan dan Jembatan

Jalan inspeksi diperlukan untuk keperluan pengawasan, operasi, dan pemeliharaan jaringan irigasi dan pembuang. Jalan inspeksi tidak diperlukan jika saluran dibangun sejajar dengan jalan umum. Umumnya jalan inspeksi terletak disepanjang sisi saluran irigasi. Jembatan dibangun bertujuan untuk menghubungkan jalan-jalan inspeksi di seberang saluran irigasi/pembuang atau untuk menghubungkan jalan inspeksi dengan jalan umum. Jalan akses untuk petani dibangun sesuai kebutuhan akses petani pada jaringan tersier dan kuarter.

2.4.9 Bangunan Pelengkap

Tanggul-tanggul diperlukan untuk melindungi daerah irigasi terhadap banjir yang berasal dari sungai atau saluran pembuang yang besar. Tanggul umumnya diperlukan di sepanjang sungai di sebelah hulu bendung atau di sepanjang saluran primer.

Fasilitas operasional diperlukan untuk operasi jaringan irigasi secara efektif dan aman. Fasilitas-fasilitas tersebut antara lain: kantor di lapangan, bengkel, perumahan untuk staf irigasi, jaringan komunikasi, patok hektometer, papan eksploitasi, papan duga, dan sebagainya.

2.5 Debit Aliran

Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu disebut debit aliran (Q). Debit aliran diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik ($m^3/detik$) atau satuan yang lain (liter/detik, liter/menit, dsb). (Triatmodjo B, 1996, hal. 134).

Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang lintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam disetiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata V , sehingga debit aliran adalah (Triatmodjo B, 1996, hal. 134) :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Q = debit aliran yang diperhitungkan (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan rata-rata aliran (m/det)

2.6 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi banyaknya kebutuhan air untuk sawah, yaitu sebagai berikut :

2.6.1 Penyiapan Lahan

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlsha (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$LP = \frac{Me^k}{e^k - 1} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

LP = Kebutuhan air penyiapan lahan (mm/hr)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan

e = Bilangan Napier (2,7183)

k = Konstanta

$$M = E_o + P \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 ETo selama penyiapan lahan (mm/hr)

P = Perkolasi (mm/hr)

$$k = \frac{M \times T}{S} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hr)

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Angka 200 mm di atas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bero (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bero lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (KP-01 2010 : 62).

2.6.2 Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut. Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut:

$$ET_c = k_c \times ET_o \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

ET_c = Evapotranspirasi Tanaman (mm/hr)

k_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (Penman modifikasi) (mm/hr)

Tabel II. 2 Harga Koefisien Tanaman

$\frac{1}{2}$ Bulan Ke	Nedeco/Prosida		FAO	
	Variates Biasa	Variates Unggul	Variates Biasa	Variates Unggul
1	1,2	1,2	1,1	1,1
2	1,2	1,27	1,1	1,1
3	1,32	1,33	1,1	1,05
4	1,4	1,3	1,1	1,05
5	1,35	1,3	1,1	0,95
6	1,25	0	1,05	0
7	1,12	0	0,95	
8	0	0	0	

(sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986)

2.6.3 Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan diantara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dengan permukaan air tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik

pengelolaan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/ hr. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Tabel II.3 Harga Perkolasi dari berbagai Jenis Tanah

No.	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1.	<i>Sandy Loam</i>	3 – 6
2.	<i>Loam</i>	2 – 3
3.	<i>Clay</i>	1 – 2

(sumber: Soemarto, 1986)

2.6.4 Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hr selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

2.6.5 Curah Hujan

2.6.5.1 Curah Hujan Rata-rata

Cara rata-rata aljabar merupakan perhitungan rata-rata curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah itu. Keuntungan cara ini ialah bahwa cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan cara isohyet, dimana faktor subyektif turut menentukan. (Sosrodarsono dan kensaku: 2003)

2.6.5.2 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari besarnya R_{80} yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%. Bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$Re_{padi} = 70\% R_{80} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$$R_{80} = \text{Curah hujan sebesar 80\%}$$

2.6.6 Pola Tanam

Pola tanam merupakan gambaran tanaman yang akan ditanam di lahan sebagai pertimbangan untuk menentukan debit air yang memenuhi kebutuhan lahan pertanian. Tabel berikut ini merupakan contoh pola tanam yang umum digunakan.

Tabel II.4 Tabel Pola Tanam

No.	Ketersediaan Air Untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
1.	Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi – Palawija
2.	Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bero Padi – Palawija – Palawija
3.	Daerah cenderung yang kekurangan air	Padi – Palawija – Bero Palawija – Padi – Bero

(sumber: S.K. Sidharta, *Irigasi dan Bangunan Air*, 1997)

2.6.7 Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air untuk jaringan irigasi lahan pertanian dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Yakni kebutuhan air bersih di lahan pertanian, kebutuhan air irigasi untuk padi dan atau palawija, serta kebutuhan pengambilan air dari sumbernya.

2.6.7.1 Kebutuhan Air Bersih Untuk Padi

Kebutuhan air bersih untuk padi di lahan pertanian dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$NFR = ET_c + P + WLR + Re \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hr)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hr)

P = Perkolasi (mm/hr)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hr)

Re = Curah hujan efektif (mm/hr)

2.6.7.2 Kebutuhan Air Irigasi Untuk Padi

Kebutuhan air irigasi untuk padi dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hr)

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hr)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.6.7.3 Kebutuhan Air Irigasi Untuk Palawija

Kebutuhan air irigasi untuk palawija dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$IR = \frac{(ET_c - Re)}{e} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hr)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hr)

Re = Curah hujan efektif (mm/hr)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.6.7.4 Kebutuhan Pengambilan Air Pada Sumbernya

$$DR = \frac{IR}{8,64} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

DR = Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/dt/ha)

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hr)

8,64 = Konstanta pengubah mm/hr ke l/dt/ha

2.6.7.5 Efisiensi Saluran Irigasi

Efisiensi irigasi menunjukkan angka daya guna pemakaian air yaitu merupakan perbandingan antara jumlah air yang digunakan dengan jumlah air yang diberikan yang dinyatakan dalam persen (%).

$$Efisiensi = \frac{Debit\ air\ yang\ keluar\ (m^3/dt)}{Debit\ air\ yang\ masuk\ (m^3/dt)} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

Bila angka kehilangan air naik maka efisiensi akan turun dan begitu pula sebaliknya. Efisiensi diperlukan karena adanya pengaruh kehilangan air yang disebabkan oleh evaporasi, perkolasi, infiltrasi, kebocoran dan rembesan. Perkiraan efisiensi irigasi ditetapkan sebagai berikut (KP-01, 1986: 10) : (1) jaringan tersier = 80 % ; (2) jaringan sekunder = 90 %; dan (3) jaringan primer = 90 % . Sedangkan faktor efisiensi irigasi secara keseluruhan adalah 80 % x 90 % x 90 % = 65 % .

2.7 Kehilangan Air

Kehilangan air (m^3/dt) diperhitungkan sebagai selisih antara debit inflow dan debit outflow untuk setiap ruas pengukuran (antar dua bangunan bagi). (Wigati, 2005)

Kehilangan air secara umum dibagi dalam 2 kategori, antara lain : (1) Kehilangan akibat fisik dimana kehilangan air terjadi karena adanya rembesan air di saluran dan perkolasi di tingkat usaha tani (sawah); dan (2) Kehilangan akibat operasional terjadi karena adanya pelimpasan dan kelebihan air pembuangan pada waktu pengoperasian saluran dan pemborosan penggunaan air oleh petani. Kehilangan air pada tiap ruas pengukuran debit masuk (Inflow) – debit keluar (Outflow) diperhitungkan sebagai selisih antara debit masuk dan debit keluar. (Tim Penelitian Water Management IPB, 1993: 1-05) :

$$h_n = I_n - O_n \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

h_n = Kehilangan air pada ruas pengukuran/bentang saluran ke n (m^3/det)

I_n = Debit masuk ruas pengukuran ke n (m^3/det)

O_n = Debit keluar ruas pengukuran ke n (m^3/det)

2.7.1 Kehilangan Air Akibat Evapotranspirasi

Evaporasi ialah penguapan air atau peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara. Berlangsungnya evaporasi sangat dipengaruhi oleh suhu air, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari, lebar permukaan saluran, dan panjang saluran. Dalam hal makin lebar dan makin panjang saluran pengairan, kehilangan air pengairan karena evaporasi akan berlangsung besar. (Kartasapoetra, Mul Muljuri Sutedjo, E. pollein. 1994)

Untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi dilakukan melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan Penman. Persamaan ini ditentukan dengan kombinasi keseimbangan energi dan pendekatan mass-transfer. Besar PET dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$ET_o = c \cdot (W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d)) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

- ET_o = Evapotranspirasi potensial harian dalam (mm/hari)
- W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
- $f(U)$ = Fungsi kecepatan angin dalam perbandingan
- c = Faktor penyesuaian kondisi akibat cuaca siang dan malam
- R_n = Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hari)
- e_a = Tekanan uap jenuh (mbar)
- e_d = Tekanan uap nyata (mbar)

Tabel II.5 Tabel *Adjustment Factor* (c) Bulanan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
C	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1

(sumber: Suroso, A.(2011) *Bahan Ajar Irigasi dan Bangunan, UMB*)

Tabel II.6 Tabel Nilai Faktor Penimbang (W) untuk Efek Radiasi Hubungan Temperatur dan Ketinggian

Temperatur (T) °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ketinggian (z) m										
0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7
1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
2000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73
Temperatur (T) °C	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian (z) m										
0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85
500	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
2000	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

(sumber: Hadisusanto dalam Oktawirawan, 2015)

Tabel II.7 Tekanan Uap Jenuh (ea) Menurut Temperatur Udara Rata-Rata

Temperatur °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ea (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,8	10	10,7	11,5
Temperatur °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea (mbar)	12,3	13,1	14	15	16,1	17	18,2	19,4	20,6	22
Temperatur °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
ea (mbar)	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1
Temperatur °C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea (mbar)	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

(sumber: Kebutuhan Air Tanaman, Departemen Pertanian, 1977)

$$ed = ea \times \frac{RH}{100} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

ea = Tekanan uap jenuh (mbar)

ed = Tekanan uap nyata (mbar)

RH = Kelembaban udara (%)

$$Rn = Rns - Rnl \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

Rn = Penyinaran radiasi matahari (mm/hari)

Rns = Penyinaran matahari yang diserap oleh bumi (mm/hari)

Rnl = Radiasi yang dipancarkan oleh bumi (mm/hari)

$$Rns = (1-\alpha) \times Rs \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Rs = \{0,25 + 0,5(n/N)\} \times Ra \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

R_s = Penyinaran radiasi matahari yang jatuh ke bumi setelah dikoreksi (mm/hari)

α = Koefisien pemantulan (0,25)

R_a = Penyinaran matahari teoritis yang tergantung pada garis lintang (mm/hari) (Table II.7)

n/N = *Ration sunshine*/intensitas penyinaran matahari (%)

n = Lamanya penyinaran matahari (jam/hari)

N = Lamanya penyinaran matahari menurut astronomi dalam suatu hari

Tabel II. 8 Tabel *Extra Terrestrial Radiation* (R_a)

LU	Lintang Utara											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6	4.7
42	5.9	8.1	11	14	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7	5.7
38	6.9	9	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15	16.5	17	16.8	15.6	13.6	11.2	9	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7

18	11.6	13	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12	11.1
16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4	14.3	15	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
LS	Lintang Selatan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
50	17.5	14.7	10.9	7	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4	6	9.3	13.2	16.6	18.2
46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14	16.8	18.3
40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11	14.2	16.9	18.3
38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17	18.3
36	17.9	16	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17	18.2
34	17.8	16.1	13.5	10.5	8	6.8	7.2	9.2	12	14.9	17.1	18.2
32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
30	17.8	16.4	14	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13	15.4	17.2	17.9
26	17.6	16.4	14.4	12	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10	11.6	13.7	15.7	17	17.5
20	17.3	16.5	15	13	11	10	10.4	12	13.9	15.8	17	17.4
18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12	16.6	16.3	15.4	14	12.5	11.6	12	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16	16
6	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14	15	15.7	15.8	15.7
4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

(sumber: Hadisusanto dalam Oktawirawan, 2015)

$$Rnl = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$f(ed) = (0,34 - 0,044 \times ed^{0,5}) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$f(n/N) = (0,1 + 0,9(n/N)) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

Rnl = Radiasi yang dipancarkan oleh bumi (mm/hari)

$f(T)$ = Koreksi akibat temperatur (Tabel II.8)

$f(ed)$ = Koreksi akibat tekanan uap air

$f(n/N)$ = Koreksi rasio penyinaran matahari

ed = Tekanan uap aktual (mbar)

Tabel II. 9 Tabel Pengaruh Temperatur Udara $f(T)$ pada Radiasi Gelombang

T (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
f(T)	11	11,4	11,7	12	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2
T (°C)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
f(T)	14,6	15	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1	

(sumber: Hadisusanto dalam Oktawirawan, 2015)

$$f(U) = 0,27 \times \left(1 + \frac{U}{100}\right) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$f(U)$ = Fungsi kecepatan angin

U = Kecepatan angin pada ketinggian 2 meter, selama 24 jam (km/jam)

$$E_{loss} = E \times A \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

E = Evaporasi rata-rata (mm/hari)

A = Luas permukaan saluran (m²)

2.7.2 Kehilangan Air Akibat Bocoran dan Rembesan

Besarnya rembesan dapat dihitung dengan rumus Moritz (USBR).

$$S = 0,035 C \sqrt{\frac{Q}{V}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

S = Kehilangan akibat rembesan, (m³/dt) per km panjang saluran

Q = Debit (m³/dt)

V = Kecepatan (m/dt)

C = Koefisien tanah rembesan (m/hari)

0,035 = Faktor konstanta (m/km)

Tabel II.10 Harga–harga Koefisien Tanah Rembesan (C)

Jenis Tanah	Harga, C (m/hari)
Kerikil sementasi dan lapisan penahan	0,10
(<i>Hardpan</i>) dengan geluh pasiran.	0,12
Lempung dan geluh lempungan Geluh pasiran	0,20
Abu vulkanik atau lempung	0,21
Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
Lempung pasiran dengan batu	0, 51
Batu pasiran dan kerikilan.	0, 67

2.7.3 Kehilangan Air Akibat Eksploitasi

Kehilangan air akibat eksploitasi yakni kehilangan yang merupakan akibat dari penggunaan air irigasi yang tidak pada peruntukannya. Penggunaan yang dimaksud berupa pengambilan air irigasi untuk keperluan diluar lahan pertanian tanpa mengembalikan air tersebut ke saluran irigasi. Kegiatan yang dimaksud dapat berupa pengambilan air untuk kolam pemancingan yang pembuangannya langsung ke sungai, kebutuhan rumah tangga, dan kegiatan lain yang pembuangannya tidak melalui saluran irigasi, melainkan langsung ke sungai maupun ke area lain.

Menghitung besarnya kehilangan debit karena eksploitasi dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q = V/t \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

Q = Debit (m^3/dt)

V = Volume kolam (m^3)

t = Waktu pengisian (dt)

